Poglavlje 5

Infracrveni Gasni Senzori

Infracrvena (IR) gasna detekcija je dobro razvijena merna tehnologija. Infracrvene gasne analizatore prati reputacija da su komplikovani, glomazni, i skupi. Međutim, nova tehnička unapređenja, uključujući mogućnosti snažnih pojačavača i pratećih elektronskih komponenti, su otvorila novu granicu za infracrvene gasne analizatore. Ova unapređenja su rezultovala usled povećanih zahteva u komercijalnom sektoru, i ovi zahtevi će verovatno nastaviti da potstrekuju napredak ove tehnologije.



Slika 1. Primer IR gasnog monitora sa otvorenom gasnom ćelijom.

Gasovi koje treba detektovati su često korozivni i reaktivni. Kod većine tipova senzora, sam senzor je direktno izložen gasovima, često izazivajući odstupanja senzora ili prerani otkaz istog.

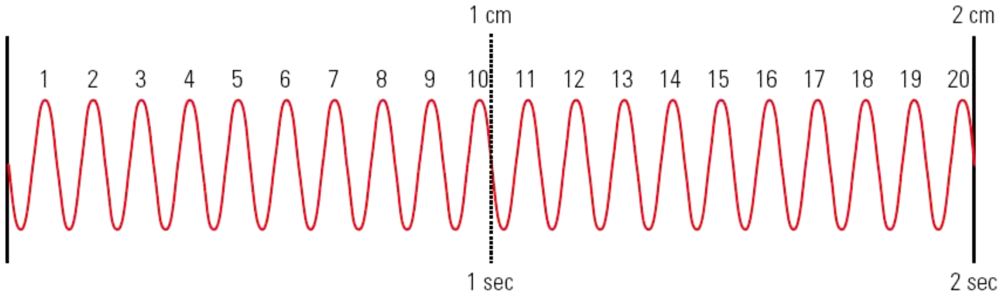
Glavna prednost IR instrumenata je ta da detektor ne dolazi u direktnu interakciju sa gasom (ili gasovima) koji se detektuju. Glavne funkcionalne komponente analizatora su zaštićene optičkim delovima. Drugim rečima, gasni molekuli interaguju samo sa svetlosnim snopom. Samo je ćelija za uzorkovanje i njene komponente direktno izložena toku gasa koji se uzorkuje. Ove komponente se mogu tretirati, kako bi bile otporne na koroziju, i mogu biti dizajnirane tako da budu jednostavno izmenjive za održavanje ili zamenu.

U današnje vreme, puno IR instrumenata je dostupno za širok spektar primena. Mnogi od njih nude jednostavan, robustan, i pouzdan dizajn. Uopšteno, za primene monitoringa toksičnih i zapaljivih gasova, IR instrumenti su među najjednostavijim za upotrebu i zahtevaju najmanji stepen održavanja. Gotovo su bezbrojne primene za koje se IR tehnologija može upotrebiti. Gasovi čiji molekuli sadrže dva ili više različitih atoma absorbuju infracrveno zračenje na jedinstven način i mogu se detektovati upotrebom IR tehnika. Infracrveni senzori su visoko selektivni i nude širok opseg osetljivosti, od ppm nivoa do 100 procentnih koncentracija. Ovo poglavlje daje opšte informacije, sa specijalnim naglaskom na instrumente koji se koriste za bezbedonosne primene kao i za kontrolu kvaliteta vazduha.

Princip Rada

Infracrveni princip detekcije uključuje samo malu količinu vrlo širokog elektromagnetnog spektra. Ova količina zračenja je tolika da je možemo osetiti kao toplotu. Ovo je oblast bliska vidljivom delu spektra na koju su naše oči osetljive. Elektromagnetsko zračenje putuje brzinom blizu 3×10^8 m/sec i sinusoidnog je oblika. Podsetimo se bazične fizike elektromagnetskog zračenja definisanjem terminologije u vezi sa njim.

Talas: Slično talasu u okeanu, elektromagnetni talasi zračenja osciluju, jedan talas za drugim. Postoje i elektromagnetski i mehanički talasi, kod mehaničkih talasa talasne dužine su mnogo duže. Slika 2 ilustruje mehanički talas.



Frekvencija = 10 Hz. Talasna dužina = 0,1 cm, Talasni broj =10 cm^{-1}

Slika 2. Prosti mehanički talas pokazuje 10 talasa po centimetru za ilustrovanje koncepta talasa

Frekvencija: Broj talasa u sekundi koji prolaze kroz tačku. Elektromagnetski talas putuje brzinom svetlosti koja je 300 miliona metara u sekundi, ili 3 x 10^8 m/sec. Zbog toga, frekvencija je brzina svetlosti podeljena sa talasnom dužinom, i izražava se kao broj talasa u sekundi, ili *herc* (Hz).

Talasna dužina: Rastojanje između dva vrha talasa, ili rastojanje između dva talasa. Ona se često izražava u *mikronima*. To je veoma popularan izraz koji se koristi za prikazivanje absopcionih opsega gasnih molekula kao i za karakteristike optičkih komponenti.

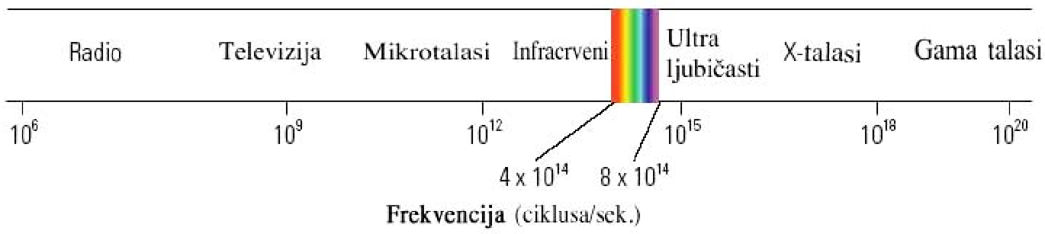
Talasni broj: broj talasa u jednom centimetru. On je recipročan talasnoj dužini. Pošto je 1 mikron = 10^{-6} m = 10^{-4} cm, recipročno jednom mikronu je $1/10^{-4}$ (10,000 talasnih brojeva po cm), i 2 mikrona = 5000 talasnih brojeva po cm. Formula je:

Talasni broj = 1/talasna dužina

Transmitansa: Odnos između prenešene energije zračenja i početne energije. Neodaslana energija je absorbovana i reflektovana. Ovo se koristi za specifikacije optičkih delova.

Absorbansa: Suprotno od transmitanse. Koristi se za opisivanje količine energije absorbovane od strane gasnih molekula. I *procentualna absorpcija* i *procentualna transmitansa* se koriste kao *y*-osa u odnosu na talasni broj ili talasnu dužinu kao *x*-osa u infracrvenom spektru.

Talasni broj i talasna dužina su česti izrazi koje koriste naučnici za opisivanje infracrvene oblasti za gasnu analizu jer obezbeđuju pogodan metod za izražavanje frekvencije zračenja i mehanizme interakcije između infracrvenog zračenja i gasnih molekula. Matematički, oni su recipročni međusobno.



Slika 3. Položaj infracrvene u elektromagnetnom spektru

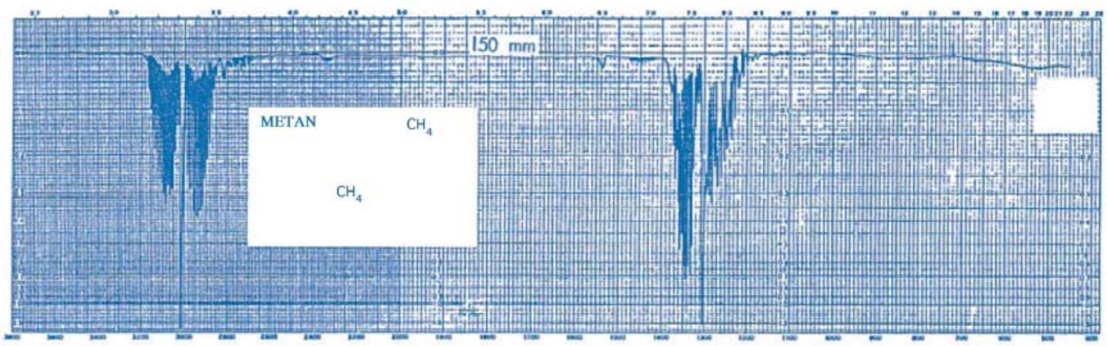
Na primer, gas metan poseduje absorpcionu talasnu dužinu od 3.4 mikrona, ili talasni broj od 2941 cm^{-1}. (Slika 4, prikazuje spektroskopski opis metana što ilustruje da metan poseduje jaki absorpcioni pik na 3.4µ, ili talasni broj od 2941 cm^{-1}).

Elektromagnetski talasi se prostiru kroz prostor ili materiju preko oscilovanja električnog i magnetnog polja. U vakuumu, oni putuju brzinom svetlosti. Ukupan opseg frekvencija ovih talasa se naziva *elektromagnetski spektar*.

Ovaj opseg frekvencija se prostire od gama zraka od 10^{20} Hz do radio talasa od 10^6 Hz. Oni su podeljeni od viših do nižih frekvencija kao gama zraci, x-zraci, ultraljubičasta svetlost, vidljiva svetlost, infracrvena svetlost, mikrotalasi, i radio talasi. Slika 3 prikazuje elektromagnetski spektar.

Vidljiva svetlost, pri približno 4 x 10^{14} Hz (ili 0.4 do 0.7 mikrona), je zapravo samo vrlo uski deo spektra. Infracrveno je tik ispod vidljive svetlosti, i ovo objašnjava zašto je osećamo (ali je ne vidimo) u vidu temperature. Infracrvena oblast je najkorisnija za gasnu analizu jer je absorpcija od strane gasnih molekula jedinstvena i selektivna u ovoj oblasti.

Jedinstveni "Otisci" Gasne Absorpcije. Kompleksnost gasnih molekula određuje broj absorpcionih pikova. Što više atoma sačinjava molekul, više absorpcionih opsega će se pojaviti. Oblast u kojoj se pojavljuje absorpcija, količina absorpcije, i specifični karakter absorpcione krive je jedinstven za svaki gas. Gasni molekuli se mogu identifikovati upotrebom njihovih absorpcionih karakteristika i arhivirati za svrhe gasne analize i identifikacije. Biblioteka ovih kriva se može sačuvati u memoriji unutar instrumenta. Kada se dati gas skenira instrumentom, grafik se zatim upoređuje sa memorisanim krivama za identifikaciju gasnih molekula. Ovaj metod gasne analize je najpopularniji u analitičkoj hemiji.

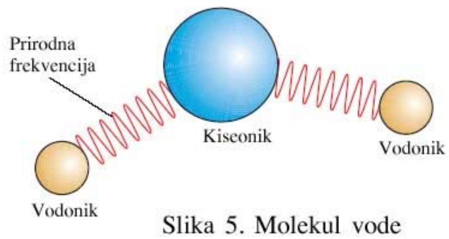


Slika 4. Spektroskopski zapis Metana

U primenama za gasni monitoring, samo jedna specifična absorpciona oblast se koristi za kvantitativno određivanje gasne koncentracije. Talasne dužine u ovoj oblasti su između 2 i 15 mikrona ili talasni brojevi od 5,000 do 670 cm^{-1}. Tipični spektroskopski zapis metana je prikazan na Slici 4.

Zapis pokazuje da gas metan poseduje jaki absorpcioni pik na 3.4 mikrona, što je talasna dužina koja se koristi kod detekcije metana. Zapravo, najčešći ugljovodonični gasovi poseduju jaku absorpciju u 3.4 mikronskoj oblasti. S druge strane, ugljen dioksid se jako absorbuje na 4.26 mikrona, dok ugljen monoksid absorbuje jako na 4.7 mikrona.

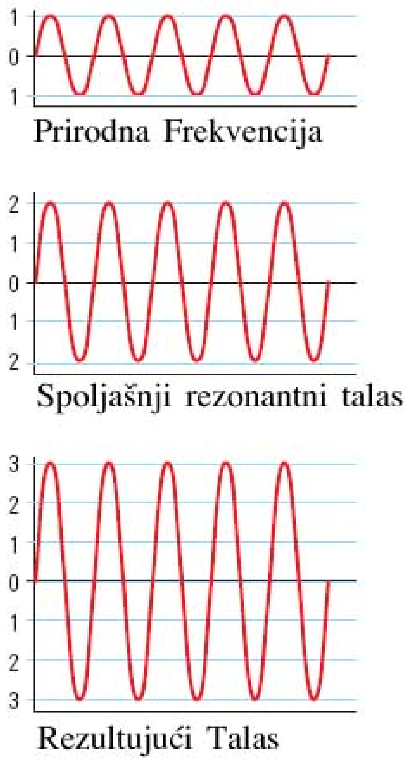
Prirodne Frekvencije Gasnih Molekula. Gasni molekuli su sačinjeni od većeg broja atoma međusobno povezanih. Ove međuatomske veze su slične oprugama, povezujući međusobno atome različitih masa. Slika 5 ilustruje molekul vode sa jednim atomom kiseonika i dva atoma vodonika. Ovo vezivanje vibrira sa fiksnom frekvencijom koja se naziva *prirodna frekvencija*.



Slika 5. Molekul vode

Sva materija poseduje prirodnu frekvenciju. Golden Gate most u San Francisku poseduje prirodnu frekvenciju, i balkon u pozorištu poseduje prirodnu frekvenciju.

Iako su ovo mehanički talasi, teoretski oni su slični elektromagnetskim talasima. Ako vetar ili zemljotres prodrma most sa istom frekvencijom kao što je prirodna ili *rezonantna frekvencija* mosta, ovo može izazvati mnogo jaču vibraciju sa vrlo visokom amplitudom, kao što je prikazano na slici 6, rezultujući ozbiljnim oštećenjima. Ljudi koji se kreću po balkonu proizvode vibracije određenih frekvencija, što može dovesti do sličnog efekta. Zbog toga, prirodna frekvencija strukture je stvar interesovanja za strukturne inženjere.



Slika 6. Absorpcija energije gasnih molekula

Gasni molekuli poseduju brojne prirodne frekvencije. Što su molekuli veći, poseduju više modova prirodne frekvencije. Prirodne frekvencije su takođe određene molekularnom strukturom hemikalija. One su uvek iste za dati molekul i strukturu vezivanja. Pojedinačne osobine koje pokazuju hemikalije postaju njen potpis i daju tragove za identifikaciju molekularne strukture datih hemiskih jedinjenja.

Dva načina Detekcije. Infracrveno zračenje sadrži širok spektralni sadržaj. Kada ovo zračenje interaguje sa gasnim molekulima, deo energije poseduje istu frekvenciju kao što je prirodna frekvencija gasnih molekula i ona biva absorbovana dok se ostatak zračenja prenosi. Kada gasni molekul absorbuje ovo zračenje, molekuli dobijaju energiju i vibriraju još snažnije.

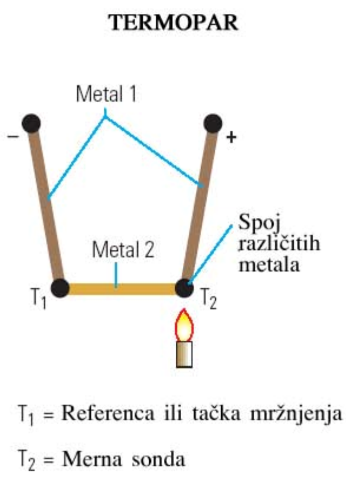
Ove vibracije dovode do porasta temperature gasnih molekula. Temperatura raste proporcionalno gasnoj koncentraciji, i detektuje se pomoću detektora. Sa druge strane, zračenje absorbovano od strane gasnih molekula na određenoj talasnoj dužini će dovesti do slabljenja u snazi originalnog izvora. Ovo opadanje energije zračenja se takođe može detektovati kao signal.

Ključne Komponente za Analizu

Da bi smo dobili koristan signal za gasnu analizu, koriste se brojne komponente i delovi različitog dizajna u današnje vreme. Međutim, ne postoje specifična pravila u vezi izbora svake od komponenti. Konfiguracija ovih instrumenata zavisi od toga šta se želi postići i diskrecije dizajnera. Sledi opis glavnih komponenti.

1. Detektor: Infracrveni detektori konvertuju energiju elektromagnetnog zračenja ili temperaturne promene u električne signale. Postoji puno tipova infracrvenih detektora i svaki tip detektora nudi široki opseg performansi karakteristika. Neki tipovi su ukratko opisani dole:

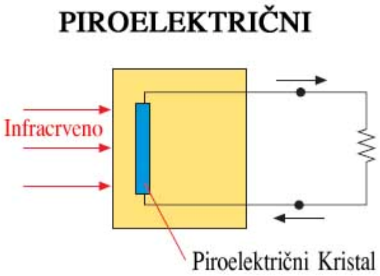
a. *Termoelektri~ni:* Detektor koji konvertuje temperaturu u električni signal se najčešće naziva *termopar*. Spoj različitih metala generiše električni potencijal, koji je direktno proporcionalan sa temperaturom. Ovaj spoj se može izvesti u vidu višestrukih spojeva kako bi se poboljšala osetljivost. Takva konfiguracija se naziva *thermosvežanj*.



Upotrebom tehnika koje se koriste u industriji poluprovodnika, puno spojeva je povezano u seriju kako bi se umnožio izlazni signal uređaja, uprkos tome detektorsko kućište je minijaturno i kompaktno. Veličina i masa uređaja su bitne u određivanju vremena odziva i drugih karakteristika uređaja.

Ovaj detektor ima relativno sporo vreme odziva, ali nudi prednosti DC stabilnosti, i ne zahteva nikakav prednapon, i osetljiv je na sve talasne dužine. Ovo je najjednostavniji način konvertovanja svetlosne energije u električni signal.

b. *Termistorski Bolometar:* Bolometar menja otpor kada izvorno infracrveno zračenje interaguje sa detektorom. Ovaj termički osetljiv poluprovodnik je izrađen od sinterovanog metal-oksidnog materijala. On poseduje visok temperaturni koeficijent otpora.

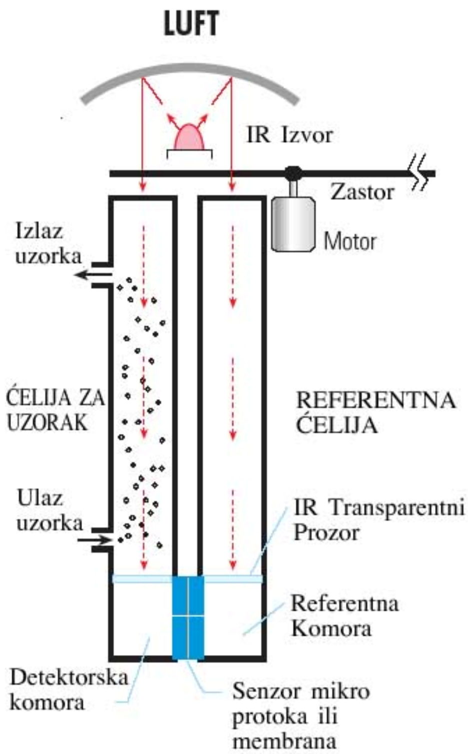


c. *Piroelektrični Detektor:* Piroelektrični materijali su kristali, kao npr. litijum tantalat, koji pokazuje spontanu polarizaciju, ili koncentrovani električni naboj koji je temperaturno zavistan. Kada infracrveno zračenje pogodi detektorsku površinu, promena u temperaturi dovodi do protoka struje. Ova struja je proporcionalna intenzitetu zračenja. Ovaj detektor pokazuje dobru osetljivost i dobar odziv na široki opseg talasnih dužina, i ne zahteva rashlađivanje detektora. Ovo je najčešće korišćen detektor za gasne monitore.

d. *Fotonski Detektor:* Fotoni poseduju energiju u zavisnosti od njihove talasne dužine i intenziteta. Fotonski detektor detektuje kvantnu interakciju između izvornih fotona i poluprovodnog materijala. Foton koji udari u elektron sa dovoljno energije može podići elektron iz neprovodnog stanja u provodno stanje. Prisustvo elektrona u provodnoj oblasti će povećati provodnost čipa, i prednapon registruje ovu promenu kao signal.

Da bi se pobudio elektron foton mora da poseduje određenu količinu energije. Kraće talasne dužine imaju višlje frekvencije, i zbog toga i veću energiju. Ovaj detektor funkcioniše u ograničenom delu spektra, koji zavisi od materijala koji se upotrebi za detektor. Tipično, detektor se mora hladiti sa termoelektričnim hladnjakom ili čak sa tečnim azotom da bi pravilno funkcionisao. Tipični primer ovakvih detektora su olovo-sulfidni (PbS) detektori koji se koriste za opseg 1-3 mikrona, i olovo-selenidni (PbSe) detektori za 1-5 mikronsko područje.

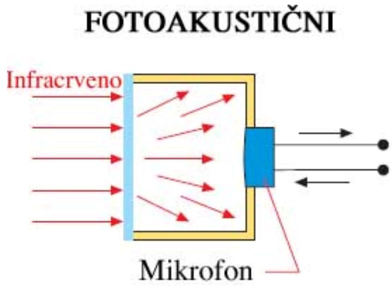
e. *Luft Detektor:* Reč “luft” je Nemačka reč koja znači “vazduh”, i originalni luft detektori su dizajnirani u Nemačkoj. Luft detektor se sastoji od dve komore, povezane ili senzorom mikro protoka ili podeljene membranom. Komore su zaptivene sa merenim gasom na niskom pritisku. IC providni prozori su montirani kako bi zaptili komore i isti intenzitet impulsnog infracrvenog zraženja primaju obe komore kada mereni gas nije prisutan.



Kada uzorak koji sadrži gas koji se meri protiče kroz ćeliju za uzorkovanje, redukcija u energiji zračenja se detektuje u detektorskoj komori, što dovodi do opadanja temperature i pritiska u detektorskoj komori. Nivo pada temperature ili pritiska je direktno proporcionalan sa gasnom koncentracijom. U slučaju povezanih komora, razlika pritisaka između dve komore izaziva protok koji se može detektovati, i koji se meri kao signal. U slučaju kada membrana deli dve komore, pomeraj dijafragme izaziva merljivu promenu kapaciteta.

Ovaj detektor poseduje puno korisnih primena kao analizator, i poseduje dobar potencijal za dalji razvoj.

f. *Fotoakusti~ni Detektor:* Ovaj detektor je sličan luft detektoru osim što se promena pritiska meri pomoću kondenzatorskog mikrofona. Gasni uzorak prolazi kroz komoru tokom podešenih vremenskih intervala i komora je zatvorena sa fiksnom zapreminom gasnog uzorka unutar nje. Specifična talasna dužina infracrvenog zračenja impulsno ulazi u komoru kroz IC providan prozor. Pulsirajuće promene pritiska se mere pomoću mikrofona kao frekventne promene koje proizvode merni signal.



2. Infrared Source: Obična sijalica sa užarenim vlaknom je dobar IC izvor. Zagrejani segment vlakna, slično kao kod malih bateriskih lampi, izračuje dovoljno energije u 1-5 mikronskom opsegu za detekciju većine ugljovodonika, ugljen dioksida, i ugljen monoksida. Ovaj jednostavan i jeftin izvor svetlosti nudi dug životni vek i dugoročnu stabilnost.

Bilo koji izvor koji može da generiše dovoljnu količinu zračenja na talasnim dužinama od interesa za detekciju specifičnih gasova se može upotrebiti. Postoji puno dostupnih svetlosnih izvora, od specijalno dizajniranih usijavajućih filamenata do elektronski generisanih izvora.

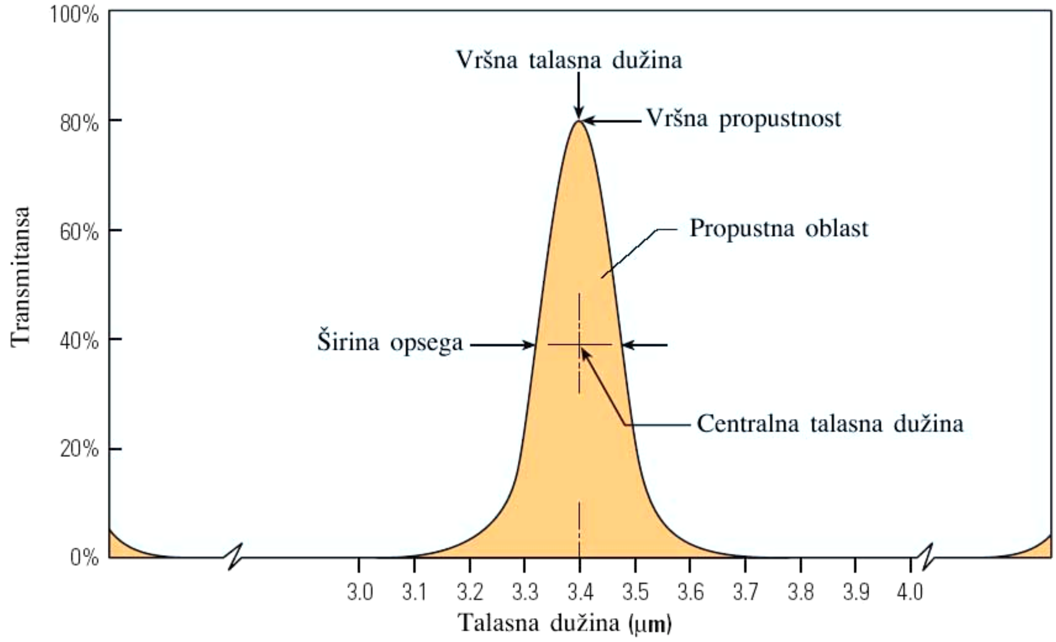
Modulisanje svetlosti. U zavisnosti od tipa detektora koji se koristi, može biti neophodno modulisati svetlosni izvor, uključivanjem i isključivanjem istog sa specifičnom frekvencijom, kako bi detektor i odgovarajuća elektronska kola funkcionisali pravilno. Tipično, ovo se vrši propuštanjem svetlosti kroz laminarni zastor, koji izgleda slično propeleru na ventilatoru. Ovaj zastor prekida svetlosni snop, stvarajući impulsnu frekvenciju. Frekvencija je određena brzinom motora i gustinom otvora na zastoru.

Prednost zastora je ta da je jednostavan i da može da obezbedi visoku frekvenciju, koju ne bi mogao da obezbedi pulsirajući filamentski izvor. Ovo je tako iz razloga jer je filament usijana žica i ograničena joj je frekvencija zbog nemogućnosti brzog zagrevanja i hlađenja. Iako zastori imaju prednosti, velike dimenzije zastora i motorskog sklopa mogu biti prepreka za primene gde se zahteva jednostavan, robustan instrument za upotrebu na teško pristupačnim lokacijama. Iz ovog razloga, izvori sa pulsirajućim filamentom se koriste kada god je to moguće. Izvor sa pulsirajućim filamentom tipično daje talasne dužine u opsegu od 2-5 mikrona, u zavisnosti od temperature filamenta i materijala od kog je načinjen balon sijalice. Postoji puno različitih svetlosnih izvora i modulacionih tehnika na tržištu.

3. Optički filter: Postoje dva bazična tipa gasnih analizatora, koji se nazivaju *disperzivni* i *nedisperzivni*. Razlika između njih je način na koji se specifične talasne dužine od interesa ekstrakuju iz infracrvenog izvora svetlosti.

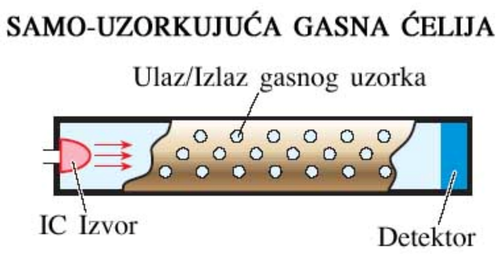
Disperzivni tipovi koriste optički uređaj kao što su rešetka ili prizma za širenje spektra svetlosti preko područja koje sadrži talasne dužine od interesa.

Nedisperzivni tipovi koriste diskretne optičke filtere propusne za određeni opseg, slično naočarima za sunce koje se koriste za zaštitu očiju koje filtriraju neželjeno UV zračenje. Ovaj tip konfiguracije se često obeležava kao *nedisperzivni infracrveni* (NDIR). Skoro svi komercijalni IR instrumenti su nedisperzivnog tipa. Instrumenti disperzivnog tipa se tipično koriste samo za specijalne namene. Filter propusnik opsega je jedna od najbitnijih komponenti pri dizajniranju uređaja za tip gasova koji se analiziraju i selektivnost analizatora. Filtere u opštem slučaju proizvode specijalizovani proizvođači optike. Tipične specifikacije za metanske filtere su prikazane na slici 7.



Slika 7. Specifikacije metanskog filtera

Procentualna transmitanca predstavlja odnos propuštenog zračenja i početnog zračenja. *Širina opsega* se definiše kao opseg talasnih dužina koje prolaze kroz filter na polovini vršne propusne tačke. Širina opsega određuje selektivnost filtera, i samim tim selektivnost instrumenta. *Centralna talasna dužina* određuje gas koji će se detektovati. Postoje određeni dizajni gde su filteri različitih talasnih dužina montirani u revolver nosaču. Izlaganjem gasne mešavine različitim filterima, različiti gasovi u gasnoj mešavini se mogu identifikovati.



4. Gasna ćelija/Putanja svetlosti: *Gasne ćelije* su često dizajnirane na način koji dozvoljava putanji svetlosti da interaguje sa gasnim uzorkom. Ovo se normalno vrši upotrebom cevi koja dozvoljava da svetlost ulazi sa jednog kraja a da izlazi sa drugog, gde dolazi do detektora.

Postoje "ulazni" i "izlazni" portovi koji dozvoljavaju gasnom uzorku da cirkuliše kroz cev.

Dužina puta, ili rastojanje duž koga svetlost prolazi kroz gas, se naziva *dužina gasne ćelije*. Ova dužina je direktno proporcionalna količini absorbovanog zračenja; to jest, što je put duži, više zračenja će biti absorbovano. Veća dužina puta rezultuje jačim izlaznim signalom pri istoj količini zračenja. Pošto su gasne ćelije u direktnom kontaktu sa gasnim uzorkom, poželjno je konstruisati ih uz upotrebu hemiski inertnih materijala kako bi se obezbedila dugoročna stabilnost i pouzdanost instrumenta.

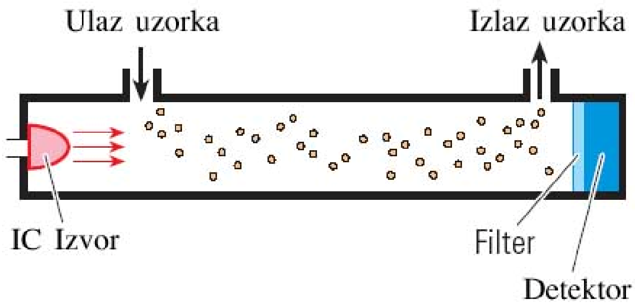
Konfiguracija

Postoje brojni načini na koji se različite IC komponente mogu rasporediti da formiraju gasni analizator. Dizajn može biti relativno jednostavan, ili veoma komplikovan, upotrebom puno različitih optičkih komponenti u zavisnosti od tipa analizatora za datu primenu. Za primene koje zahtevaju visoku osetljivost, selektivnost, i stabilnost, dizajn analizatora je kompleksniji. Za primene gde selektivnost i osetljivost mogu biti i manje zarad pouzdanosti u teškim, industriskim okruženjima, jednostavniji dizajn se može implementirati.

Slike 8, 9, i 10 ilustruju neke od osnovnih osobina IC analizatora.

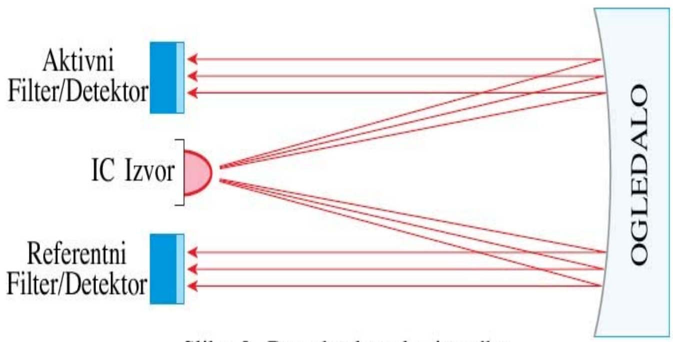
Slika 8 prikazuje osnovnu izvedbu: (1) IC izvora, (2) filtera propusnika opsega, i (3) interakciju sa gasnim uzorkom i detektor.

U zavisnosti od upotrebljenog detektora, filter propusnik opsega može biti postavljen ispred izvora svetlosti, umesto postavljanja istog ispred detektora.



Slika 8. Raspored kod baznog IC gasnog detektora

Slika 9 prikazuje slični raspored osim što se koriste dva detektora.
Modulisana Pulsirajuća svetlost sa IC izvora se reflektuje natrag ka detektorima. Aktivni detektor ima filter za mereni gas, dok referentni detektor poseduje filter sa drugačijom talasnom dužinom.

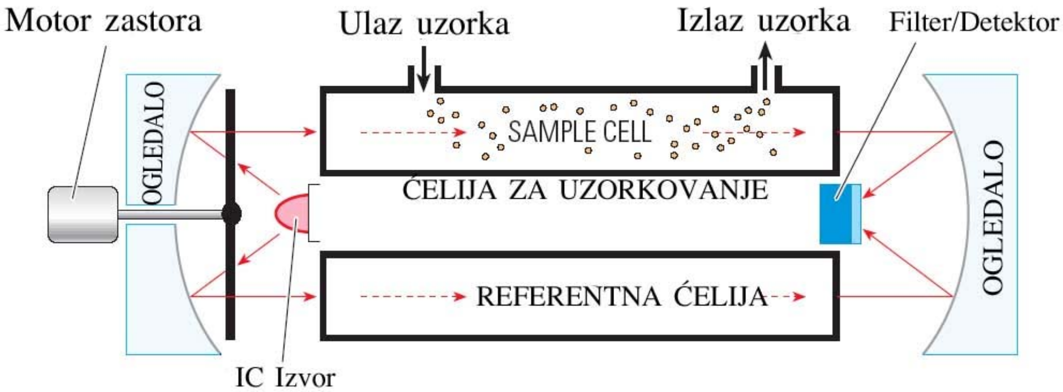


Slika 9. Dvo-detektorska izvedba

Drugim rečima, aktivni detektor se koristi za detekciju ciljnog gasa a referentni detektor se koristi za ignorisanje ciljnog gasa. U realnom radu, referentni detektor daje baziČnu vrednost ili nultu tačku dok se aktivni detektor koristi za dobijanje signala; pomoću razlike sa dva detektora koji daju pravu vrednost opsega instrumenta.

Ovakav raspored poseduje prednost kompenzacije na promene koje se javljaju u osetljivosti detektora tokom vremena. Na primer, intenzitet izvora svetlosti se može promeniti tokom vremena zbog kontaminacije, koja će dovesti do odstupanja nule. Dvo-detektorso rešenje minimizuje ovaj tip odstupanja. Takođe, kod ovog rešenja, dužina puta se udvostručuje što dovodi do pojačanja snage izlaznog signala**.**

Slika 10 ilustruje još jedan popularni dizajn. Ovaj dizajn koristi dve cevi ili ćelije. Jedna je referentna ćelija koja je napunjena sa čistim ciljnim gasom ili referentnim gasom, dok je druga ćelija za uzorkovanje kroz koju gasni uzorak prolazi. Rotacioni zastor se koristi kod ove konfiguracije, koji je u osnovi disk sa puno proreza na njemu. Kako se zastor okreće, on periodično dozvoljava snopu svetlosti da prolazi kroz gasni uzorak i referentnu ćeliju. Pojedinačni detektor dobija osnovno očitavanje sa referentne ćelije, slično kao kod referentnog detektora na slici 9. Gasni signal se dobija sa ćelije za uzorkovanje.



Slika 10. Dvostruki snop sa zastorom

Karakteristike

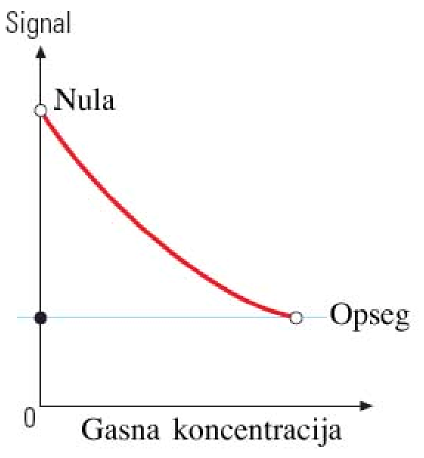
1. Temperatura: IC detektor je u osnovi temperaturni senzor i, zbog toga, potencijalno veoma osetljiv na promene u spoljašnjoj temperaturi. Međutim, pravilno dizajniran detektor može raditi na temperaturama između -40°C i 60°C a da ne bude osetljiv na promene u spoljašnjoj temperaturi. Većina detektora ne reaguje dobro na iznenadne temperaturne varijacije. Instrument tipično zahteva 10 do 20 minuta da postigne temperaturnu ravnotežu. Kod uređaja za spoljašnju primenu, ovo uobičajeno ne predstavlja ozbiljan problem jer se spoljašnja temperatura menja relativno sporo. Generalno, detektorska jedinica radi na temperaturama koje su blago iznad temperature okoline kako bi se sprečila kondenzacija. Kondenzacija vodene pare na optici i/ili na detektoru može ozbiljno uticati na performanse analizatora.

2. Vlažnost: Normalna atmosferska vlažnost ima vrlo malo uticaja. Međutim, visoka vlažnost može izazvati koroziju i kontaminaciju koja dovodi do kvara analizatora. Visoka vlažnost predstavlja još ozbiljniji problem u prisustvu korozivnih gasova. Putanja talasa (komora za uzorkovanje) se može konstruisati od bilo kog materijala koji ne absorbuje IC svetlost. Najčešće korišćeni materijali su nerđajući čelik, aluminijum, ili bakar, obloženi sa nerđajućim slojem. Za neke ekstremno "vlažne" primene, kao što je zatvoreni prostor, rezervoari tečnosti, ili odvodne šahte, vlažni uzorak se treba "osušiti" pre izlaganja detektoru.

3. Osetljivost: IC absorpcija energije je direktno proporcionalna molekularnoj strukturi ugljovodonika (dodatno koncentraciji prisutnih ugljovodonika). Na primer, detektor je najmanje osetljiv na metan (CH_4) sa prostom, jednostrukom vezom. Kod propana (C_3H_8) i butana (C_4H_{10}), međutim, osetljivost se dramatično povećava. Primer drastične razlike između osetljivosti među različitim ugljovodonicima se može videti pomoću činjenice da IC detektor može biti kalibrisan sa 100% čistim metanom, ali samo par procenata zapremine propana ili butana će zasititi sistem. U slučaju primene procenata donje eksplozivne granice (%LEL) ili niže zapaljive granice (LFL), zapreminska koncentracija svakog gasa za dostizanje 100% LFL ili LEL varira, i krive odziva nisu linearne; zbog toga, svaki ugljovodonik mora imati sopstvenu krivu isprogramiranu u sistemu. Za razliku od katalitičkog senzora, koji poseduje skoro linearan odziv na gasove u LFL opsegu, IC jedinica zahteva odgovarajuća pomoćna sredstva za linearizaciju izlaza.

4. Životni vek: IC detektor je uređaj u čvrstom stanju koji je zaštićen unutar standardnog kućišta za elektroniku sa filterskim prozorom od safira. Oni imaju dug životni vek, sličan većini elektronskih uređaja. IC svetlosni izvor tipično poseduje životni vek reda od 3 do 5 godina. Ovaj životni vek može se dramatično produžiti radom izvora sa manjom energijom od projektovane.

Alternativno, IC izvor se može projektovati tako da se može lako i jednostavno zameniti kada je to potrebno.



Slika 11. Prednost IC detektora. Nulta tačka daje najjači signal čineći jednostavnim detektovanje bilo kojeg nepravilnog stanja.

Primena

Kao što je prikazano na slici 11, IC detektor reaguje na zračenje generisanjem konstantnog signala, koji se uzima za "nultu" tačku za izvor. Jednom kada se uspostavi i održava nulta tačka, kalibracija opsega se automatski izvršava. Ovo proističe iz činjenice da je absorpcija zračenja od strane gasa uvek u istom odnosu, bez obzira na njegov inicijalni intenzitet izvora. Zbog toga, dokle god se održava nulta tačka, tačnost detektora ostaje nepromenjena. Ovo je jedna od najvećih prednosti IC tehnologije. Međutim, rutinska kalibraciona provera je od neprocenjivog bezbedonosnog značaja i ne treba biti eliminisana iz bilo kog periodičnog održavanja.

Za primene gasnog monitoringa, dizajn jedinice treba biti relativno kompaktan. Uzorkovanje se treba vršiti difuzijom. Metode ekstraktivnog tipa koje zahtevaju pumpu za prebacivanje uzorka u detektor su problematičnije zbog ograničenog životnog veka električnog motora i neophodnog održavanja pumpe.

IC instrumenti koji se koriste za ove monitoring aplikacije su tipično ograničeni na detekciju viših koncentracija (1% i više) ugljovodonika i ugljen monoksida. Ugljen dioksid absorbuje infracrveno zračenje vrlo jako, i postoji puno monitora koji mogu detektovati ugljen dioksid u koncentracionim opsezima od 0.1% i više.

Sa filterom za merenja %LEL zapaljivih gasova, centralna talasna dužina je tipično na 3.4 mikrona. Ovo je talasna dužina većine ugljovodonika i to je takođe talasna dužina na kojoj većina gasova derivata ugljovodonika poseduju jaku absorpciju.

Sledi lista najčešćih gasova koji se mogu detektovati pomoću ovog detektora:

1. *Alkani ili zasićeni ugljovodonici* kao što je metan, etan, propan, butan, pentan, heksan, i heptan, itd.

2. *Cikloalkani* kao što su ciklopropan, cikloheksan, metil cikloheksan, itd.

3. *Alkeni* ili *nezasićeni ugljovodonici* kao što su etilen, propilen, buten, penten, heksen, okten, itd.

Acetilen poseduje absorpciju na 3.1 mikrona što se ne detektuje.

4. *Cikloalkeni* kao što su cikloheksen i pinen.

5. *Aromatici* kao što su benzen, toluen, i ksilen.

6. *Alkoholi* kao što su metanol, etanol, propanol, i alil alkohol.

7. *Amini* kao što su dimetil amin, trimetil amin, butanamin, ciklopropanamin, i piridini.

8. *Eteri* kao što su dimetil etar, etil etar, n-propil etar, metilvinil etar, vinil etar, etilen okside, tetrahidrofuran, furan, i 1,4-dioksan.

9. *Ketoni* kao što su aceton, metil etil keton, pentanon, metil izobutil keton i heptanon.

10. *Aldehidi* koji poseduju centralnu talasnu dužinu uglavnom u 3.55 mikronskoj oblasti i generalno poseduju slab detekcioni signal na 3.4 mikrona.

Ugljen dioksid na 4.3 mikrona i ugljen monoksid na 4.6 mikrona poseduje vrlo malu interferenciju od strane drugih gasova.

Zaključak

Detekcija ugljovodonika upotrebom IC uređaja je dostupna već više godina. Međutim, zbog puno opcija u dizajnu, osobine i implementacija tehnologije varira puno od jednog proizvođača do drugog. I pored svega toga, IC detekcija je dobro primljena u mnogim industrijama, uključujuži i petrohemisku industriju.

Kod primena za kontrolu kvaliteta vazduha i bezbednosnih primena, neka upoređenja između IC, poluprovodničkih, i katalitičkih senzora sa perlom, koji se koriste za detekciju zapaljivih gasova su data ispod.

1. *Trovanje:* Ovo je glavni problem kod katalitičkih senzora. Različita hemijska jedinjenja, kao što je vodonik sulfid, silikonska jedinjenja, i hlorova ili fluorova jedinjenja, između ostalih, mogu zatrovati katalizator u senzoru i izazvati gubitak osetljivosti senzora. IC detektori nemaju ovaj problem.

2. *Pregorevanje:* Katalitički senzori će pregoreti ako se izlože visokim gasnim koncentracijama. Ponovo, IC detektori nemaju ovaj problem.

3. *Životni vek:* Katalitički senzori imaju životni vek od oko 1-2 godine, dok senzori u čvrstom stanju (poluprovodnički) tipično traju duže od 10 godina. Dobro dizajnirana IC jedinica takođe poseduje životni vek duži od 10 godina.

4. *Kalibracija:* Periodična kalibracija se mora vršiti nad svim tipovima senzora. Međutim, na IC jedinicama, dok god se nula održava ispravno, IC jedinica daje dobar odziv i dobru tačnost mernog opsega. Zbog ove karakteristike, nepravilno funkcionisanje IC jedinice se lako prepoznaje.

5. *Trajno Izlaganje Gasovima:* U primenama koje zahtevaju da detektor bude trajno izložen gasnom toku za monitoring ugljovodonika, katalitički i poluprovodnički senzori će imati kraći životni vek. Trajno izlaganje gasovima neizostavno menja karakteristike senzora i vodi do trajnog oštećenja. Međutim, kod IC instrumenata, funkcionalne komponente su zaštićene optičkim delovima, koji su u osnovi inertni na većinu hemikalija. Samo IC zračenje interaguje sa gasom; i zbog toga, dokle su god gasni uzorci suvi i nekorozivni, IC instrumenti se mogu koristiti za monitoring gasnog toka trajno tokom dugog vremenskog perioda.

Izborom jedne od tri dostupne tehnologije senzora (IC, poluprovodna, i katalitička), možete prilagoditi rešenje za skoro svaku primenu detekcije ugljovodonika.